

## RESTAURANTES CON SILENCIOS A LA CARTA. APORTACIÓN A LA INVESTIGACIÓN ACÚSTICO-ARQUITECTÓNICA ORIENTADA A UNA MEJORA DE LA INTELIGIBILIDAD. EFECTOS DERIVADOS DE UN INCREMENTO DE ABSORCIÓN EN EL TECHO. CASO DE ESTUDIO.

PACS: 43.55.HY

Caballero Marcos, Amaya<sup>1</sup>, Roset Calzada, Jaume<sup>1</sup>, Franco González, Fidel<sup>2</sup>, Zamora Mestre, Joan Lluís<sup>2</sup>, Cantos Leyton, Ricardo<sup>3</sup>, Acirón Arrabal, José Ángel<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (E.T.S.A.B.), Universitat Politècnica de Catalunya (U.P.C.);

<sup>2</sup> LiTA, Universitat Politècnica de Catalunya (U.P.C.).

<sup>3</sup> Ecophon Saint-Gobain.

Avenida Diagonal, 649 planta 7 Departamento de Tecnología de la Arquitectura.

08028 Barcelona.

España.

93.401.63.87

amaya.caballero@upc.edu; jaime.roset@upc.edu; fidel.franco@upc.edu,

joan.lluis.zamora@upc.edu

**Palabras Clave:** restaurante, confort conversacional, inteligibilidad, nivel de interferencia verbal, SIL, esfuerzo vocal, LSIL, Tr, absorción acústica, CTE DB HR.

### ABSTRACT.

Reproduced a restaurant at one of E.T.S.A.B.'s classrooms, we raised to mature the previous experiences though the incorporation of sound absorbent material in the ceiling that allowed us to reduce  $R_t$  values to 0.5 s without occupation. We performed this study with real occupation, variable in gender and identical in number and distribution to the previous experiences. Applying objectives and subjective methods, we evaluated the improvement that this new treatment contributes to conversation's intelligibility. We compared the results obtained in this new study with those obtained in the original experimental situation and theoretical study developed in models previously validated.

### RESUMEN.

Reproducido un restaurante en una de las aulas de la E.T.S.A.B., nos planteamos madurar las experiencias anteriores, mediante la incorporación de material fonoabsorbente en el techo, que nos permitiese reducir el  $Tr$  a valores de 0.5s. sin ocupación. Practicamos este estudio con ocupación real, variable en género e idéntica en número y disposición a la de las anteriores experiencias. Aplicando métodos objetivos y subjetivos, valoramos la mejora que este nuevo tratamiento aporta a la inteligibilidad de las conversaciones. Se contrastan los resultados obtenidos con los extraídos de la situación experimental origen y estudio teórico desarrollado en modelos validados anteriormente.

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En experiencias anteriores [1] estudiamos el comportamiento acústico que presentaba un restaurante, desde el punto de vista conversacional, simulando una situación real y ocupado por voluntarios.

Para ello, y puesto que no disponíamos de un restaurante real, transformamos un aula de la E.T.S.A.B. en un comedor acústicamente controlado. El aforo máximo se determinó por aplicación directa de las prescripciones del CTE DB SI [2]. Especialmente, las mesas y las sillas que ocuparon los comensales se dispusieron siguiendo las recomendaciones aportadas por los principios de ergonomía y bibliografía desarrollada ex profeso para estos espacios [6].

Las condiciones acústicas iniciales a exigir al local fueron dobles. Por un lado, las normativas de obligado cumplimiento. Por otro lado, las empíricas y prácticas [2] [3]. Así, el  $T_r$  medio en vacío no debía superar los 0,9 segundos para este espacio y uso, tal y como indica en el CTE DB HR [4]. El ruido de fondo residual en vacío, existente sin actividad ni ocupación del restaurante debía encontrarse, entre unos valores dados (40 a 60 dB), siguiendo las campañas de mediciones realizadas [1] [5], aunque, como se comprobó, su influencia era escasa para el estudio que se desarrolló.

Para el estudio y valoración de la comprensión de las conversaciones llevadas a cabo en las diferentes pruebas desarrolladas, se aplicaron métodos objetivos y subjetivos de valoración de la inteligibilidad de la palabra, cuyos resultados se contrastaron con los obtenidos con una herramienta de cálculo desarrollada ad hoc [5], que se concluye válida y fiel para la predicción de la realidad simulada.

De los resultados obtenidos en aquellas experiencias y sus conclusiones, entendimos que merecía mayor atención y desarrollo las que relacionaban el cumplimiento de los valores del  $T_r$  medio en vacío no superior a los 0,9 segundos [4] con la no garantía del confort conversacional en situación de explotación comercial, así como el estudio de las mejoras en la calidad de la conversación que supondría reducir el  $T_r$  medio a los valores considerados óptimos para la palabra [6].

Así, el presente estudio pretende recoger los resultados y conclusiones derivadas de la experiencia de repetir algunas de las pruebas objetivas y subjetivas entonces desarrolladas en un entorno controlado conocido (aula de la E.T.S.A.B. convertida en comedor de restaurante), previa instalación de placas fonoabsorbentes de la firma Ecophon Saint-Gobain, y disminuyendo así el  $T_r$  medio de la sala en vacío desde los 0.9 hasta los 0.5 segundos.

Los voluntarios que participaron en las pruebas (alumnos de grado de Arquitectura de la E.T.S.A.B, máster MBArch de la UPC, alumnos de máster MGIC de la Universitat Ramon Llull, profesores, compañeros y amigos) se seleccionaron para que fueran representativos del quórum habitual de un restaurante, en género, número y edad.

Las cuatro pruebas que se describen en este estudio se realizaron un mismo día, en horario de tarde- noche.

Cada una de las cuatro pruebas, grabadas y medidas en continuo, se ha estructurado en las mismas cuatro fases que las del estudio inicial [1].

Los datos obtenidos de las cuatro pruebas realizadas para el presente estudio las hemos contrastado con las obtenidas en el estudio anterior ( $T_r = 0.9s.$ ) [1] y las que pudiéramos obtener con la herramienta de cálculo referenciada [5].

Los resultados de las presentes experiencias y anteriores las hemos valorado con el índice LSIL (nivel de ruido de interferencia verbal) y asegurando un valor mínimo de SIL= 15 en la posición más desfavorable de la mesa, que nos debiera garantizar, a priori, una inteligibilidad 'buena' de la conversación [7].

## 2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El presente estudio se desarrolla para evaluar el impacto de mejora en la inteligibilidad que supone la mayor reducción del Tr en un local vacío de restauración respecto a las condiciones de comprensión verbal existentes en ese mismo local en su estado original.

Así, el espacio donde se desarrollarán las pruebas será la misma aula A 6.2. de la E.T.S.A.B. convertida, entonces, en comedor de restaurante, con una única salvedad: en esta ocasión, y para reducir aquel Tr original de los 0.9 segundos hasta los 0.5 segundos considerados ideales para la palabra se han incorporado 23 placas de material fonoabsorbente, Ecophon Master<sup>TM</sup> A , de dimensiones 1200x1200mm, y grosor 40mm, y acabado white frost. Se realizaron emisiones con sonido interrumpido e impulsivo y se midió en cuatro posiciones [8], obteniéndose un valor de  $TR_{medio}$  (s) para las frecuencias de 500Hz, 1KHz y 2KHz de 0.55 segundos.

Como se observa en la Figura 1, la influencia en la absorción de las placas adquiere importancia en las frecuencias medias y agudas del campo audible.

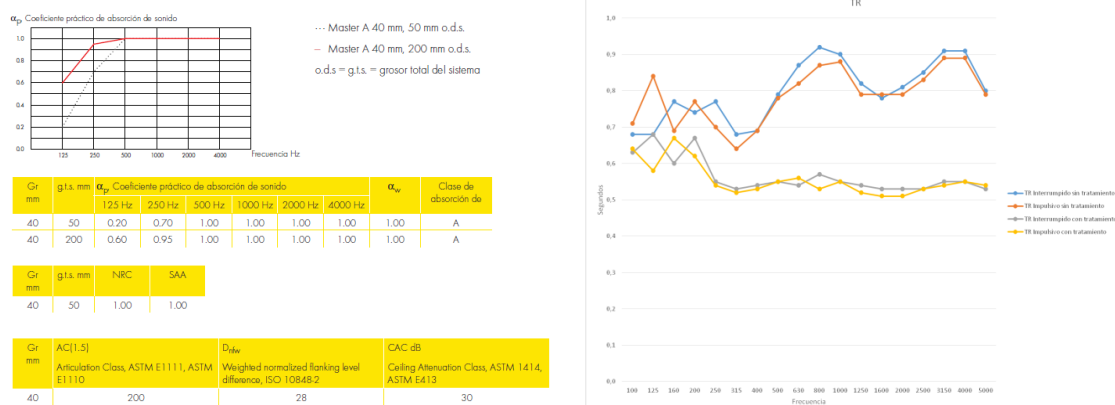


Figura 1. Gráfico características acústicas fonoabsorbentes de placas y Tr del comedor con y sin instalación de las mismas.

Por imperativo de la administración del edificio de la E.T.S.A.B., debíamos actuar lo mínimo posible en el falso techo existente, no permitiéndonos modificar la posición de proyectores, altavoces, luminarias empotradas en hornacinas y suspendidas, y además permitir el uso habitual del aula. Así, se estudió la disposición de las placas fonoabsorbentes para conseguir el Tr buscado y se optó por instalar 23 placas, 19 de ellas suspendidas del falso techo, a distancias oscilantes entre 20 y 30 cm. Las 4 placas restantes se dispusieron en posición vertical en dos de las cuatro paredes del comedor. De esta manera, no sólo no se alteraron las dimensiones de la sala (10.38m de longitud, 6.96m de ancho y 3.46m de alto), sino que tampoco lo hizo su volumen total (243.75m).

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre



Figura 2. Fotografía aula A 6.2. E.T.S.A.B. con instalación de placas fonoabsorbentes.

Del mismo modo que en el estudio anterior, se considera que la cocina, zona de lavado y aseos están totalmente aislados de la zona de comedor, y la música ambiental, aparato de TV o música en directo son inexistentes. El único ruido ambiental existente en vacío, y de poca o nula trascendencia, será el de fondo que proyectaremos con los altavoces existentes en el techo.

La disposición de las 10 mesas máximas dispuestas, 40 taburetes y el número de ocupantes, oscilante según la prueba pero coincidente en número y posición con las que se repiten del primer estudio, se ha hecho en base a criterios de practicidad, incendios [2], y bibliografía escrita ex profeso [3].

A todas las mesas se les ha aplicado, igualmente, el mismo rango, a excepción de la central, que se ha considerado como “mesa de pruebas” (azul figura 4).



Figura 3. Vista general del aula A 6.2, disposición de mesas y mesa de pruebas.

En el estudio anterior, las pruebas se organizaron en dos grupos: aquéllas en las que el ruido de fondo emitido en el comedor rondaba los 40dB, y otras cuatro en las que se alcanzaba los

## FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

60dB. Pero la diferencia entre unas y otras no fue tanto este valor, que se concluyó podría considerarse despreciable, sino la ocupación necesaria para poder desarrollar unas u otras.

Se decidió, así, repetir las pruebas 5, 6, 7 y 8 del primer estudio con 27 comensales que mantenían 9 y 10 conversaciones, 18 comensales que participaban de 5 charlas, y 7 comensales, instalados en dos mesas, y emitir la grabación de un restaurante real hasta conseguir los 60dB de ruido de fondo en vacío.

Todos los voluntarios, de ambos géneros y de edades comprendidas entre los 8 y los 65 años eran perfectos conocedores del habla española/ castellana, y mantuvieron conversaciones ordenadas y cómodas en los momentos requeridos, mientras que los tres ocupantes rotantes de la mesa de pruebas, y dentro de los estándares de la normalidad audiométrica, participaban en unas pruebas de inteligibilidad con métodos subjetivos [9].

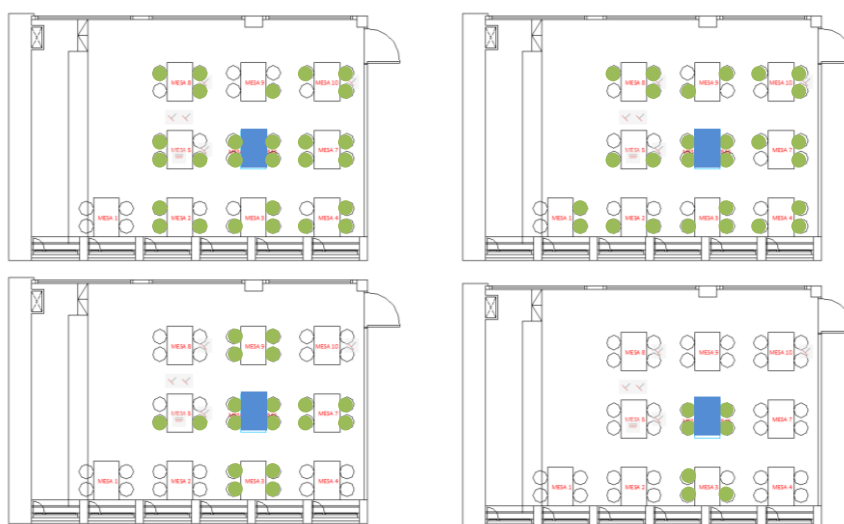


Figura 4. Escenario y disposición de los voluntarios en las cuatro pruebas desarrolladas.

### 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE INTELIGIBILIDAD CON TRATAMIENTO FONOABSORBENTE.

En esta ocasión, se han desarrollado cuatro pruebas, todas ellas en una misma jornada, reproduciendo las pruebas número 5 a 8 realizadas anteriormente. Se ha dispuesto el mismo número de ocupantes en las mismas posiciones y manteniendo el mismo número de conversaciones simultáneamente. La denominada 'mesa de pruebas' ha estado ocupada y activa en todas ellas.

SIN ISLAS	CON ISLAS	SPL RUIDO FONDO RESIDUAL		OCUPACIÓN		CONVERSACIONES
		SIN ISLAS	CON ISLAS	PLAZAS	%	
PRUEBA 5	PRUEBA 1	59	60	27/40	68%	9
PRUEBA 6	PRUEBA 2	59	59	27/40	68%	10
PRUEBA 7	PRUEBA 3	60	60	18/40	45%	5
PRUEBA 8	PRUEBA 4	60	60	7	17,5%	2

Tabla 1. Relación de SPL en vacío, ocupación y conversaciones para cada prueba.

Las pruebas constaron, igualmente, de cuatro fases: una primera, sin ocupación y ruido de fondo de 60 dB ( $L_{90}$  de 59-60 dB, NC 40-50), la segunda, con los comensales posicionados y en silencio, la tercera, en la que se alcanzan valores de  $L_{90}$  entre 61 y 68 dB (NC 55-60), según



## FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIAACUSTICA'18- 24 al 26 de octubre**

la prueba, y la cuarta y final, dividida en dos subfases en las que, mediante la emisión por medio de un altavoz de dos series de 100 'logatomos', los ocupantes de la mesa de pruebas participaban en la valoración perceptiva de su comprensión, mientras el resto de comensales continuaban con sus respectivas conversaciones [1][9][10][11].

Aquellos 'logatomos' seriados se emitieron con un esfuerzo verbal tal que garantizase un SIL mínimo de 15 (comprensión 'buena') [12] en la posición más alejada del altavoz en la mesa de pruebas.

De la grabación digital realizada en formato .wav a 44100Hz y 32 bits y la medición, ambos en continuo, con espectrómetro y a 40 cm de distancia de la posición del comensal más alejado del altavoz se han extraído los datos de SPL de cada prueba en sus correspondientes fases, que analizaremos y contrastaremos con las de la situación original. La duración total de las cuatro pruebas fue de 6.879 segundos, de los cuales se han procesado 4.139 s., que se consideraban útiles para el análisis.

SIN ISLAS	CON ISLAS	OCUPACIÓN	CONVERSACIONES	RUIDO IN SITU											
				FASE 1. LOCAL VACÍO											
				SIN ISLAS						CON ISLAS					
				L90 A	L90 1/10500	L90 1/101k	L90 1/102k	L90 1/104k	L90 A	L90 1/10500	L90 1/101k	L90 1/102k	L90 1/104k		
PRUEBA 5	PRUEBA 1	68%	9	58,64	56,73	52,98	50,08	46,77	60,47	56,68	55,25	52,95	50,24		
PRUEBA 6	PRUEBA 2	68%	10	58,64	56,73	52,98	50,08	46,77	58,94	56,58	54,14	50,74	47,40		
PRUEBA 7	PRUEBA 3	45%	5	59,82	58,74	53,76	51,38	46,76	59,66	57,17	54,39	52,10	48,10		
PRUEBA 8	PRUEBA 4	17,50%	2	59,82	58,74	53,76	51,38	46,76	60,17	56,49	53,98	53,46	51,86		

SIN ISLAS	CON ISLAS	OCUPACIÓN	CONVERSACIONES	RUIDO IN SITU											
				FASE 2. OCUPADO EN SILENCIO											
				SIN ISLAS						CON ISLAS					
				L90 A	L90 1/10500	L90 1/101k	L90 1/102k	L90 1/104k	L90 A	L90 1/10500	L90 1/101k	L90 1/102k	L90 1/104k		
PRUEBA 5	PRUEBA 1	68%	9	57,88	55,75	52,77	49,62	46,09	59,34	55,91	53,56	51,74	51,04		
PRUEBA 6	PRUEBA 2	68%	10	58,41	55,72	53,15	50,46	46,61	59,29	56,58	53,23	51,30	50,51		
PRUEBA 7	PRUEBA 3	45%	5	59,70	58,20	53,32	51,87	48,99	66,35	61,47	61,42	58,20	53,13		
PRUEBA 8	PRUEBA 4	17,50%	2	60,24	61,05	51,80	49,14	47,67	59,24	55,96	53,41	51,74	50,80		

SIN ISLAS	CON ISLAS	OCUPACIÓN	CONVERSACIONES	FASE 3. OCUPADO HABLANDO											
				SIN ISLAS						CON ISLAS					
				LAT	L90 A	L90 1/10500	L90 1/101k	L90 1/102k	L90 1/104k	LAT	L90 A	L90 1/10500	L90 1/101k	L90 1/102k	L90 1/104k
PRUEBA 5	PRUEBA 1	68%	9	72,50	68,58	66,66	62,76	59,80	55,15	69,97	65,80	64,00	59,81	56,65	52,51
PRUEBA 6	PRUEBA 2	68%	10	75,78	72,52	70,28	67,05	64,26	59,49	71,73	67,70	66,36	61,39	58,39	54,21
PRUEBA 7	PRUEBA 3	45%	5	74,73	68,15	68,39	59,77	57,36	51,46	70,36	66,25	64,82	59,60	57,10	53,34
PRUEBA 8	PRUEBA 4	17,50%	2	76,47	70,01	69,87	60,99	59,66	53,53	66,02	60,99	58,33	54,80	53,09	50,79

SIN ISLAS	CON ISLAS	OCUPACIÓN	CONVERSACIONES	%ALcons					
				%ALCons VOZ MASCULINA		%ALCons VOZ FEMENINA		%ALCons PROMEDIO	
				SIN ISLAS	CON ISLAS	SIN ISLAS	CON ISLAS	SIN ISLAS	CON ISLAS
PRUEBA 5	PRUEBA 1	68%	9	22,33	35,67	16,67	32,00	19,50	33,84
PRUEBA 6	PRUEBA 2	68%	10	14,33	26,33	20,00	35,67	17,17	31,00
PRUEBA 7	PRUEBA 3	45%	5	10,33	19,50	13,67	33,50	12,00	26,50
PRUEBA 8	PRUEBA 4	17,50%	2	14,00	16,00	10,67	22,67	12,33	19,34
				15,25	24,38	15,25	30,96	15,25	27,67

Tabla 2. Valores de SPL, SIL y %ALcons de las diferentes pruebas y fases.

En las pruebas realizadas, la ocupación varió entre un 68 y 17,50%, organizada de tal manera que se produjeron entre 10 y 2 conversaciones al unísono, lo que arrojó un LSIL entre 60 y 54 dB, valores ligeramente inferiores a los obtenidos en idénticas pruebas sin instalación de islas fonoabsorbentes, que estuvieron entre 65 y 59 dB.

A pesar de que partíamos de unos valores de ruido en vacío parejos o ligeramente más elevados, este decrecimiento del LSIL puede atribuirse, curiosamente, al descenso en el L90 en la fase de conversación libre entre las pruebas con material fonoabsorbente y sin él.

No obstante, esto no nos libró de tener que practicar un esfuerzo vocal excesivo, entre 'alto' o 'muy alto' (73 a 75 dBA), para alcanzar el SIL buscado mínimo de 15, con excepción de la prueba 4, con muy baja ocupación y dos conversaciones, en que el esfuerzo practicado pudo quedarse en 'elevado' (69 dBA).

## FIA 2018

### XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18- 24 al 26 de octubre

SIN ISLAS	CON ISLAS	CONVERSACIONES	RUIDO AMBIENTAL CONVERSANDO		LSIL		EV PARA SIL= 15 EN POSICIÓN 1.32M	
			MEDICIÓN dB SIN ISLAS	MEDICIÓN dB CON ISLAS	MEDICIÓN SIN ISLAS	MEDICIÓN CON ISLAS	MEDICIÓN- PRUEBA SUBJETIVA SIN ISLAS	MEDICIÓN- PRUEBA SUBJETIVA CON ISLAS
PRUEBA 5	PRUEBA 1	9	68,58	65,80	61,09	58,24	76,09 MUY ALTO	73,24 MUY ALTO
PRUEBA 6	PRUEBA 2	10	72,52	67,70	65,27	60,09	80,27 MUY ALTO	75,09 MUY ALTO
PRUEBA 7	PRUEBA 3	5	68,15	66,25	59,25	58,72	74,25 ALTO/MUY ALTO	73,72 ALTO/MUY ALTO
PRUEBA 8	PRUEBA 4	2	70,01	60,90	61,01	54,25	76,01 ALTO/MUY ALTO	69,25 ELEVADO

Tabla 3. Valores de SPL y EV para las diferentes fases y pruebas.

A pesar de que las condiciones de SPL en las diferentes fases de las cuatro pruebas, en especial en la tercera, con valores inferiores a los de las pruebas originales y para un mismo SIL de 15, parecían beneficiosas para conseguir una mayor comprensión de las palabras emitidas, esto no ocurrió así.

Dicha comprensión, que en la situación inicial fue del 84,75%, tanto para voz masculina como para la femenina en las cuatro situaciones, en los casos con tratamiento fonoabsorbente no sólo no mejoraron, sino que incluso empeoraron, hasta caer a un 72,34%. Aún así, debe considerarse, igualmente, como buena.

Cabe comentar que, del mismo modo que en las pruebas sin tratamiento el grado de comprensión fue equilibrado para las cuatro pruebas, en las realizadas con tratamiento fonoabsorbente se aprecia una clara mejoría del porcentaje de aciertos a medida que disminuye el número de conversaciones.

Como ya ocurrió en la totalidad de las pruebas del anterior estudio [1], la comprensión de los 'logatomos' ha sido mayor para las voces masculinas (75,67%) que para las femeninas (69,04%).

SIN ISLAS	CON ISLAS	SPL RUIDO FONDO RESIDUAL		OCUPACIÓN	%Alcans SIN ISLAS		%Alcans CON ISLAS		%Alcans total		COMPRENSIÓN	
		SIN ISLAS	CON ISLAS		VOZ MASCULINA Promedio	VOZ FEMENINA Promedio	VOZ MASCULINA Promedio	VOZ FEMENINA Promedio	SIN ISLAS	CON ISLAS	SIN ISLAS	CON ISLAS
PRUEBA 5	PRUEBA 1	59	60	68%	22,33	16,67	35,67	32,00	39,50	33,83	80,50	66,17
PRUEBA 6	PRUEBA 2	59	59	68%	14,33	20,00	26,33	35,67	17,17	31,00	82,84	69,00
PRUEBA 7	PRUEBA 3	60	60	45%	10,33	13,67	19,50	33,50	12,00	26,50	88,00	73,50
PRUEBA 8	PRUEBA 4	60	60	17,2%	14,00	10,67	15,00	22,67	12,33%	19,33	87,67	80,67
					15,25	15,25	24,38	30,96	15,25	27,67	84,75	72,34

Tabla 4. Valores de comprensión e inteligibilidad en fase 4a y b para las diferentes pruebas.

Pero en cualquier conversación tan importante es la comprensión del mensaje como la comodidad del hablante. De las experimentaciones realizadas con la nueva configuración, se deriva que el esfuerzo vocal será, como ya ocurrió en la configuración original, 'alto' o 'muy alto' para que las 10, 9 ó 5 conversaciones que se mantienen simultáneamente resulten entendibles. En cambio, en la prueba en la que sólo se practican dos conversaciones, el esfuerzo a realizar será 'elevado' en vez de 'muy alto'.

A pesar de esta categorización de los esfuerzos vocales practicados, en las pruebas empíricas con incorporación de las islas fonoabsorbentes se aprecia un ligero descenso en Ev en relación a los practicados en las pruebas originales, y mayor a medida que disminuye el número de conversaciones).

SIN ISLAS	CON ISLAS	CONVERSACIONES	RUIDO AMBIENTAL CONVERSANDO		LSIL		CON EV NORMAL		EV PARA SIL= 15 EN POSICIÓN 1.32M	
			MEDICIÓN dB SIN ISLAS	MEDICIÓN dB CON ISLAS	MEDICIÓN SIN ISLAS	MEDICIÓN CON ISLAS	DISTANCIA CON SIL= 15 SIN ISLAS	DISTANCIA CON SIL= 15 CON ISLAS	MEDICIÓN- PRUEBA SUBJETIVA SIN ISLAS	MEDICIÓN- PRUEBA SUBJETIVA CON ISLAS
PRUEBA 5	PRUEBA 1	9	68,58	65,80	61,09	58,24	0,20	0,30	76,09 MUY ALTO	73,24 MUY ALTO
PRUEBA 6	PRUEBA 2	10	72,52	67,70	65,27	60,09	0,20	0,30	80,27 MUY ALTO	75,09 MUY ALTO
PRUEBA 7	PRUEBA 3	5	68,15	66,25	59,25	58,72	0,30	0,40	74,25 ALTO/MUY ALTO	73,72 ALTO/MUY ALTO
PRUEBA 8	PRUEBA 4	2	70,01	60,90	61,01	54,25	0,60	0,60	76,01 ALTO/MUY ALTO	69,25 ELEVADO

Tabla 5. Valores de esfuerzo vocal y distancias entre interlocutores para SIL= 15.

## 4. COTEJO DE LOS DATOS CON HERRAMIENTAS DE CÁLCULO VALIDADAS.

Siguiendo el procedimiento de las pruebas del anterior estudio, se han contrastado los datos obtenidos con aquellos que pudiera arrojarlos la herramienta de cálculo teórico [5].

## FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

Para las condiciones espaciales y organizativas de la sala, el desarrollo de las conversaciones (ordenadas y racionales, con un orador por mesa), el volumen original no alterado de  $243.75 \text{ m}^3$ , y para el esfuerzo vocal elevado necesario para que las conversaciones sean 'satisfactoria' o 'buenamente' comprensibles ( $\text{SIL} = 15$ ) dados y el  $\text{Tr}_{\text{medio}}$  que se deriva de la instalación de placas, se comprueba que la distancia entre los interlocutores de las diferentes mesas y en las diferentes situaciones aumenta ligeramente (ver tabla 5).

Aún así, la situación sigue siendo excesivamente intimista y próxima (entre 20 cm en la prueba 1 y 60 en la 4) como para considerarse propia de una mesa de restaurante.

### 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Somos conscientes del elevado grado de exigencia que hemos solicitado, a priori, a las situaciones y pruebas practicadas, utilizando mecanismos electrónicos y grabaciones preparadas con anterioridad, que nos permitiera huir de lecturas o interpretaciones corporales de los contentulios que hubieran contribuido, ciertamente, a mejorar la comprensión de los mensajes.

Exigir, de entrada, un SIL con valor no inferior a 15 nos permite, también, poder comparar las experimentaciones llevadas a cabo anteriormente en el 'comedor' con las descritas en el presente estudio, en el que hemos incorporado 23 placas de material fonoabsorbente, Ecophon Master<sup>TM</sup> A, de dimensiones 1200x1200mm, y grosor 40mm, y acabado white frost.

De ellas, 19 han sido colgadas en forma de isla del falso techo de escayola ya existente, y las cuatro restantes, dispuestas en dos de las cuatro paredes, aprovechando el plano libre horizontal del techo y otros verticales, como ocurre habitualmente en los espacios de restauración a tratar acústicamente y siguiendo algunas de las indicaciones del CTE DB HR [4].

Pero, en cualquier conversación que se produzca, y más en ambientes de comunicación directa, no sólo es importante la inteligibilidad que se llegue a conseguir, sino también la salud vocal de los parlantes y la psicológica y auditiva del personal de servicio.

Respecto a la primera, los esfuerzos vocales realizados han podido ser en general menores, más relajados cuanto menor número de conversaciones se producían al unísono, siendo entre 'muy alto' y 'elevado', igualmente poco aconsejables para mantener una conversación.

Esto ha derivado, lógicamente, en que las distancias a las que tengamos una inteligibilidad 'buena' o 'satisfactoria' diste muy poco de las obtenidas en las pruebas originales.

A la vista de los resultados obtenidos, podríamos concluir que:

- La aplicación y cumplimiento de la exigencia normativa que impone en CTE DB HR, en cuanto al **TR medio máximo** permitido en las frecuencias de 500Hz, 1KHz, 2KHz de un restaurante en vacío no garantiza directamente el confort conversacional en situación de explotación comercial. El propio concepto en sí y su aplicación/justificación como nivel medio no está en la línea de la situación acústica de los espacios de restauración.
- La reducción del TR en las frecuencias indicadas hasta valores próximos a los que se consideran óptimos para la palabra (0.5s./500Hz; 0.5s./1KHz; 0.4s./2KHz; 0.4s./4KHz)[15] mediante la instalación de placas de material fonoabsorbentes Ecophon Master<sup>TM</sup> A, de dimensiones 1200x1200mm, y grosor 40mm en el plano del techo y parte de las paredes no hemos observado que aporten mejoría notable a la situación conversacional planteada y la inteligibilidad, a pesar de haber contribuido a la reducción de la relación  $L_{\text{reflejado}}/L_{\text{directo}}$ . Cabría estudiar si su disposición en otros planos y/o



## FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

situaciones puede mejorar las condiciones acústicas deseadas. Además, cabe indicar que aquéllos óptimos de  $Tr$  son para el mensaje 'palabra' pero no para las condiciones conversacionales en los 'espacios de restauración'.

- La reducción del número de conversaciones (y no ocupación) en un espacio dado, y el aumento de las distancias entre ellas mejora su comprensión, aunque va en detrimento de la explotación comercial de estos espacios.
- Se plantea la revisión de diferentes normativas europeas desarrolladas ex profeso para espacios de restauración, cantinas y comedores escolares [13] [14] [15] [16]. En unas, se indica el cumplimiento de valores de  $Tr_{medio}$  inferiores a los indicados en el CTE DB HR, y en un número de octavas más amplio, ampliando el espectro hacia frecuencias más graves y más agudas. En otras, además de exigir valores inferiores de  $Tr$ , estos se solicitan a cada una de las octavas de frecuencia a estudiar, que superan las aplicadas en nuestro caso. En otras, se advierte de la influencia negativa que el aumento de la densidad de ocupación puede producir en las condiciones acústicas o ruido ambiental en pleno funcionamiento de un restaurante. Y por último, existen las que exigen una categoría acústica determinada, dada en función de la relación que existe entre la capacidad absorbente de un local y su volumen, y según la altura libre del mismo.
- Nos planteamos la búsqueda de una herramienta que nos permita poner en solfa las características dimensionales de los locales de restauración (altura, área, volumen) y su capacidad y área absorbente, y referirlas a una unidad, que será el comensal o la densidad de ocupación. De esta manera, podremos categorizar estos espacios, en función de los objetivos de uso, comerciales y requerimientos acústicos [17].

## 6. REFERENCIAS

- [1] Caballero Marcos, Amaya; Roset Calzada, Jaume; Daumal i Domènech, Francesc; Zamora Mestre, Joan Lluís. *Restaurantes con silencios a la carta. Aportación a la investigación acústico-arquitectónica relativa a una óptima inteligibilidad*. Tecniacústica 2017, La Coruña, España.
- [2] MINISTERIO DE FOMENTO - Gobierno de España. *CTE DB SI. Tabla 2.1*.
- [3] Lawson, Fred. *Planificación y diseño de restaurantes*. Editorial Blume. Barcelona, 1979.
- [4] MINISTERIO DE FOMENTO - Gobierno de España. CTE. *Guía de aplicación del DB-HR*.
- [5] Yebra, M., Bleda, S., Vera, J., Francés, J., Brocal, F. *Evaluación de la comunicación verbal: Inteligibilidad, Herramientas de cálculo*. Tecniacústica 2008, Coimbra, Portugal.
- [6] Sendra, J. J.; Zamarreño, T.; Algaba, J.; Navarro, J. *El problema de las condiciones acústicas en las Iglesias: principios y propuestas para la rehabilitación*. I.U. Ciencias de la Construcción - ETSA (Sevilla).
- [7] Norma española. UNE- ENE ISO 9921:2004 Ergonomía. *Evaluación de la comunicación verbal*.
- [8] Norma española. UNE EN ISO 3382-2:2008 *Medición de parámetros acústicos en recintos*. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.



## FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18- 24 al 26 de octubre**

- [9] Sommerhoff, Jorge.; Rosas, Claudia. (2007). *Evaluación de la inteligibilidad del habla en español*. Estudios Filológicos 42: 215-225.
- [10] Pérez Miñana, José. *Compendio práctico de acústica*. Editorial Labor, S.A. Barcelona, 1969.
- [11] Norma española. UNE- ENE ISO 9921:2004 Ergonomía. *Evaluación de la comunicación verbal*. Apartado 6, Anexos B y F.
- [12] Norma española. UNE- ENE ISO 9921:2004 Ergonomía. *Evaluación de la comunicación verbal*. Apartado 6, Anexo F, Tabla F.1.
- [13] Deutsche Norm DIN 18041:1968-10. *Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen*.
- [14] Guide du Conseil National du Bruit. *Réglementations acoustiques des bâtiments*. Novembre 2017.
- [15] Norma italiana UNI 11532. Acustica in edilizia. *Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati*. Aprile 2014.
- [16] Polska Norma PN-B- 02151-4: 2015-06. *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach*.
- [17] Holger Rindel, Jens. *Suggested acoustical requirements for restaurants, canteens, and cafeterias*. BNAM 2018. Baltic- Nordic Acoustic Meeting. Harpa, Reykjavik, Iceland.